

低漂移、高精度、直插式隔离磁性电机电流测量

Steven Loveless - 电流感应产品部门



随着提升系统效率的需求不断增长，我们面临着改善电机工作效率和控制功能的直接压力。几乎所有类型的电机均面临着这种需求压力，包括以下领域中使用的电机：

- 白色家电
- 工业驱动器
- 自动化
- 汽车应用

在工作电压较高且具有较高功率的系统中尤其如此。对于确保电机以峰值效率和性能运行而言，反馈到控制算法中的电机运行特性至关重要。相电流是系统控制器使用的这些重要诊断反馈要素（用于实现最佳的电机性能）之一。

由于测量信号具有连续性并与相电流直接相关，因此测量电机电流的理想位置应直接与每个相位保持一致，如图 1 所示。在其他位置（如每个相位的低侧）测量电流需要首先对数据进行重新组合和处理，以便控制算法使用有意义的数据。

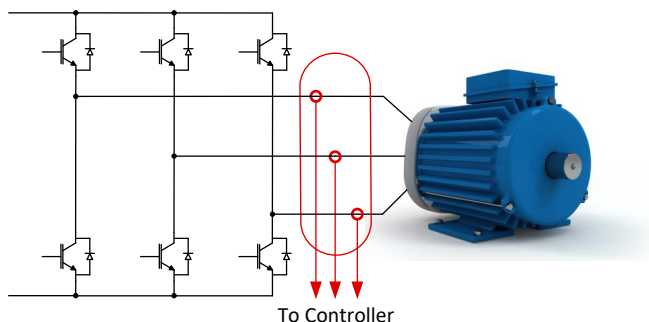


图 1. 直立式电流感应

电机的驱动电路可生成脉宽调制 (PWM) 信号来控制电机的运行。这些调制信号使与每个电机相位一致的测量电路经受很大的电压瞬变，这些瞬变每个周期在正负电源轨之间切换。理想的电流传感器能够完全抑制测量的共模电压分量，并且仅测量相关的电流。TMCS1100 等封装内磁性电流传感器使相电流流经封装引线框，从而产生内部磁场。然后，电隔离传感器测量磁场，从而在传感器 IC 和隔离的相电流之间没有任何直接电气连接的情况下提供电流测量。通过仅测量磁场，该传感器可隔离高共模电压，并提供出色的抗 PWM 开关瞬态性能。这可以实现出色的电机相电流测量，而不会由于较

大的 PWM 驱动输入电压阶跃而在传感器输出端产生不必要的干扰。图 2 显示了经过 RC 滤波的 TMCS1100 输出波形，以及电机相电压和电流波形。只能观察到由于测量寄生效应引起的微小 PWM 耦合，TMCS1100 输出跟踪电机相电流，而没有 300V 开关事件引起的明显输出瞬态。

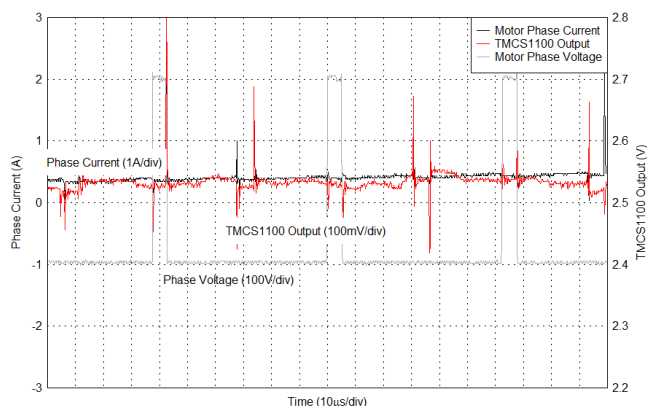


图 2. 具有高瞬态抗扰度的电机相电流测量

封装内磁性电流传感器的独特特性消除了测量电机相电流的替代解决方案所面临的许多挑战。固有的电隔离提供了承受高电压的能力，并且输出的高瞬态抗扰度降低了由于开关事件引起的输出噪声。没有该抗扰性的电流感应实现需要更高的带宽，以缩短输出干扰的建立时间；磁性传感器可以使用较低带宽的信号链，而不牺牲瞬态抗扰性。由于不需要外部电阻分流器、无源滤波或相对于高电压输入的隔离电源，因此封装内磁性电流传感器还可以降低总体解决方案成本和设计复杂性。

对于相电流测量可提供过电流保护或诊断的应用，磁性电流传感器的高瞬态抑制可防止由于输出干扰而引起的错误过流指示。在使用闭环电机控制算法的电机系统中，需要进行精确的相电流测量以优化电机性能。过去，基于霍尔效应的电流传感器具有很大的温度、寿命和迟滞误差，这些误差会降低电机效率、动态响应并引起非理想的误差（如转矩波动）。常见的系统级校准技术可以提高室温下的精度，但是说明参数（如灵敏度和失调电压）中的温度漂移是具有挑战性的。

德州仪器 (TI) 的磁性电流感应产品通过采用已获专利的线性化技术和零漂移架构 (可在整个温度范围内提供稳定、精确的电流测量) 来提高系统级性能。高精度传感器严格控制相间电流测量误差, 从而保持精确的反馈控制并提供无缝的用户体验。

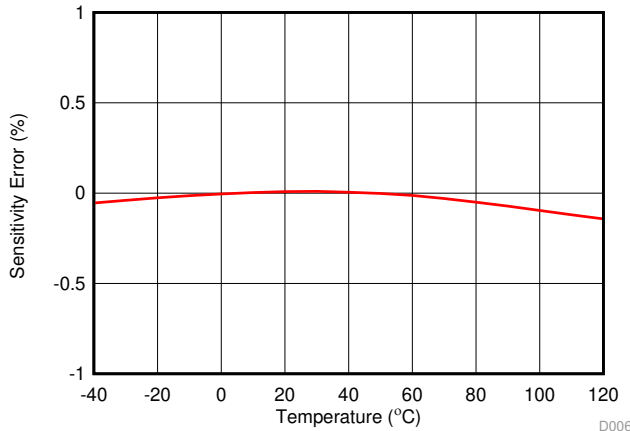


图 3. 在整个温度范围内的 **TMCS1100** 典型灵敏度误差

TMCS1100 在室温下具有小于 0.3% 的典型灵敏度误差, 在 -40°C 至 125°C 的整个温度范围内具有小于 0.85% 的最大灵敏度误差。如图 3 所示, 这种在整个温度范围内的稳定性通过最大程度地减小传感器的温度漂移提供了出色的相间匹配。除高灵敏度精度之外, 该器件还具有小于 2mV 的输出温漂 (如图 4 所示), 这极大地提高了测量动态范围, 并且即使在轻负载下也可以进行精确的反馈控制。

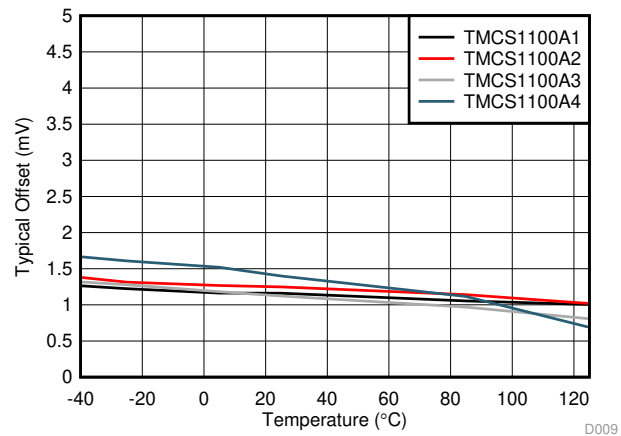


图 4. 在整个温度范围内的 **TMCS1100** 典型输出失调电压

高灵敏度稳定性和低失调电压相结合, 形成了业界领先的隔离式电流感应解决方案, 此解决方案在该器件的整个温度范围内具有小于 1% 的总误差。600V 的工作电压和 3kV 的隔离栅使该器件能够应用于各种高电压系统。**TMCS1100** 将测量温度稳定性、电隔离和瞬态 PWM 输入抑制功能结合在一起, 是需要精确且可靠的测量来实现精确控制性能的 PWM 驱动应用 (如电机相电流测量) 的理想之选。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能折衷
TMCS1101	具有内部基准的磁性电流传感器	更低的精度、PSRR
AMC1300	增强型隔离分流放大器	解决方案尺寸、复杂性
INA240	具有 PWM 抑制功能的精密分流放大器	80V 功能隔离
INA253	具有 PWM 抑制功能的精密集成分流放大器	80V 功能隔离、尺寸

表 2. 相关 TI 技术手册

文献编号	标题
SBOA340	《比例式与非比例式磁信号链》
SBOA160	《具有 PWM 抑制功能的低漂移、精密直列式电机电流测量》
SBOA161	《适用于三相系统的低漂移低侧电流测量》
SBOA163	《用于提供过流保护的高侧电机电流监测》

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司